



## Sumário

- Motivação
- Codificação e compressão de dados multimédia
- *Streaming*
- H.323
- SIP
- Conclusões

Fernando Mira da Silva

Tecnologias de Redes de Comunicações



## VoIP

### Motivação

- Convergência de redes telefónica e de dados
  - 1980~ Início da digitalização das comunicações de voz (*backbone*)
  - Até 198x: rede telefónica pública usada fundamentalmente para a transmissão de voz e utilização pontual para a transmissão de dados
  - 1990-2000 - Crescimento progressivo do volume de dados
  - 199x - Primeiras redes ISDN (RDIS - Rede digital com integração de serviços)
    - Serviços RDIS ultrapassados pelo advento de banda larga (DSL)
  - 1999 - Volumes de tráfego de dados e voz semelhantes
  - 2002 - Tráfego de dados é uma ordem de grandeza superior ao tráfego de voz
    - Situação actual: crescimento moderado do tráfego de voz, crescimento exponencial do tráfego de dados em redes IP

Fernando Mira da Silva

Tecnologias de Redes de Comunicações



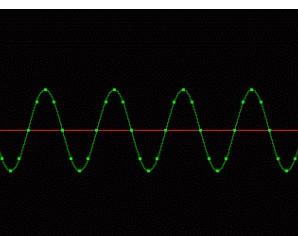
## VoIP

### Motivação

- Situação actual
  - Transmissão de dados excedem largamente a transmissão de voz
  - Facturas de voz são (ainda) largamente superiores à da transmissão de dados
  - Larguras de banda elevada permitem melhoria significativas de QoS
- Consequências
  - Operadores exclusivos de dados (maioritariamente, redes IP) interessados em transportar voz como forma de aumentar a sua facturação
    - Ex: COLT telecom
  - Detentores de redes locais ou WAN interessados em transportar voz nos seus circuitos dedicados de voz como forma de reduzir a sua facturação
    - Ex: RCTS/FCCN
  - Operadores tradicionais de voz interessados em acompanhar o processo de forma a “não perder barco”
- Soluções
  - Técnicas de transmissão de voz sobre IP - VoIP

Tecnologias de Redes de Comunicações

Fernando Mira da Silva



## Dados multimédia

### Digitalização, codificação e compressão de dados

- Transmissão de dados multimédia
  - Codificação digital
    - Amostragem e quantificação
      - Amostragem deve ser realizada pelo menos a 2x a frequência máxima do sinal
      - A amplitude de cada amostra deve ser digitalizada com um número finito de bits
- Taxas de transmissão
  - Qualidade de CD
    - Frequência audível ~ 20Khz
    - Amostragem de cada canal: 44.1Khz
    - Digitalização a 16 bits
    - $2 \times 44.100 \times 16 = 1.345\text{Mbps}$
  - Qualidade telefónica (PCM)
    - Frequência voz ~ 4Khz
    - Amostragem mono 8Khz
    - Digitalização a 8 bits
    - $2 \times 4000 \times 8 = 64\text{Kbp}$

Tecnologias de Redes de Comunicações

Fernando Mira da Silva



## Dados multimédia

### Digitalização, codificação e compressão de dados

- Codificadores de fala (codec's)
  - Codificadores de forma de onda
    - PCM 64Kbps
    - ADPCM 32-16Kbps
      - Codificação da diferença de amplitudes
  - Codificadores paramétricos
    - Baseados em modelos paramétricos de produção da fala, desenvolvidos a partir de modelos das cordas vocais e do tracto vocal
    - Permitem reduzir drasticamente as taxas de transmissão
      - CELP - ITU G728, 8-16kbps
      - GSM - RPE, híbrido, 13Kbps
      - G723.1 - 6.3Kbps, 5.3Kbps
- Codificadores música
  - Codificação perceptual
    - CD (~1.345Mbps)
    - mp3 (Fraunhofer, Thomson) ~ 128Kbps
    - Vorbis (projecto open source)

Tecnologias de Redes de Comunicações

Fernando Mira da Silva



## Dados multimédia

### Digitalização, codificação e compressão de dados

- Codificação de imagem
  - Digitalização simples
    - Resolução PAL 576x480 pixel
    - Cada pixel quantificado em 256 níveis / cor primária 8+8+8 = 24 bits
    - 25 Frames /s
    - $576 \times 480 \times 24 \times 25 = 158.2 \text{ Mbps}$ 
      - 1 hora ~ 70 Gbytes
  - Compressão
    - Imagens fixas
      - JPEG - Codificação perceptual por blocos baseada na DCT
      - Taxa de compressão ~1:20
    - Vídeo
      - Princípios essenciais:
        - » Redundância temporal
        - » Segmentação de imagem
        - » Codificação diferencial entre frames consecutivos
      - ITU H.261/H.263 (Vídeo conferência, múltiplos de 64Kbps)
      - MPEG 1 (compatível NTSC) - 1.2Mbps
      - MPEG 2 (NTSC, PAL, DVD, HDTV) - até 4-8Mbps (HDTV)

Tecnologias de Redes de Comunicações

Fernando Mira da Silva



## Transmissão de dados multimédia

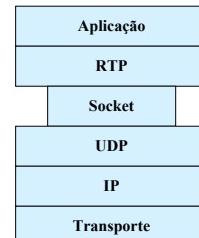
- Transmissão “*convencional*”
  - Armazenamento do sinal em ficheiro
  - Transmissão de ficheiros usando serviços ao nível da aplicação (http, ftp, scp, p2p...)
    - Incompatível com soluções de tempo real
- *Alternativa: Streaming*
  - Suporte: RTP, *Real Time Protocol* (RFC 3550)
  - Problemas
    - Perda de pacotes
    - Técnicas de codificação do sinal e sequenciação de pacotes têm um impacto significativo na qualidade da transmissão

Tecnologias de Redes de Comunicações

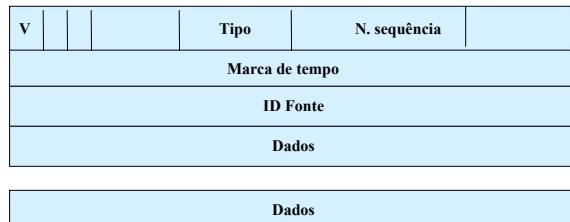
Fernando Mira da Silva

## Streaming: RTP

- *Real Time Protocol*
  - Protocolo ao nível da aplicação
  - Objectivo
    - Multiplexagem de diversos *streams* de dados numa única ligação UDP
  - Suportado em UDP



- Pacotes RTP



Tecnologias de Redes de Comunicações

Fernando Mira da Silva



## RTCP

- *Real Time Protocol*
  - Transmissão de dados
- *Real Time Control Protocol*
  - Sincronização, controlo e interface de utilizador
  - Controlo de fluxo de dados
  - Informação de retorno sobre QoS observada
  - Sincronização entre fluxos de dados distintos
  - Informação complementar sobre os vários fluxos de dados RTP
  - Portos usados
    - RTP -> porto  $n$
    - RTCP -> porto  $n+1$

*Tecnologias de Redes de Comunicações*

Fernando Mira da Silva



## Norma H.323

- Recomendação da ITU
  - Objectivo
    - Viabilização e normalização de serviços de video conferência
  - Versão 1 (1996)  
*Visual Telephone Systems and Equipment for Local Area Networks which Provide a Non-Guaranteed Quality of Service*
    - Modelo orientado para utilização de video conferência em redes locais
  - Versão 2 (1998)  
*Packet based multimedia communication systems*
    - Motivada pelo desenvolvimento de VoIP e pela necessidade de incluir mecanismos de interoperabilidade com redes telefónicas públicas
  - (...)
  - Versão 5 (Julho de 2003)

*Tecnologias de Redes de Comunicações*

Fernando Mira da Silva



## Família H.32x

- Outras recomendações ITU da família H.323:
  - H.320 - Video telefonia sobre ISDN (RDIS)
  - H.321 - Video telefonia sobre B-ISDN, ATM
  - H.322 - Video telefonia sobre LANs com QoS
  - H.324 - Video telefonia sobre rede pública telefónica

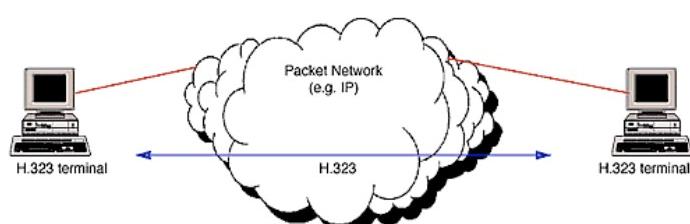
Fernando Mira da Silva

Tecnologias de Redes de Comunicações



## Norma H.323

- Modelo
  - Integração de componentes, protocolos e serviços necessários para estabelecer comunicações multimédia sobre redes de pacotes.



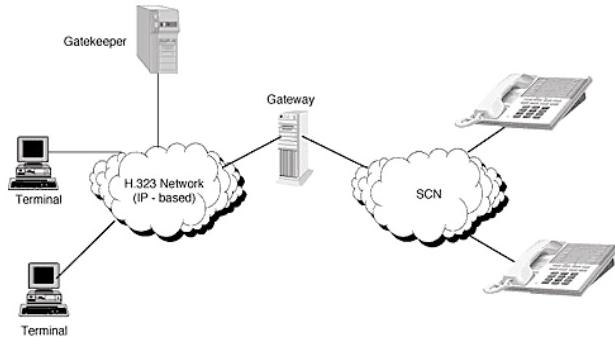
Fernando Mira da Silva

Tecnologias de Redes de Comunicações



## H.323 - Arquitectura

- Um conjunto de terminais H.323 pode ser agrupado numa zona, controlada por um *gatekeeper* específico
- Integração com a rede telefónica comutada tem lugar por meio de um *gateway* específico



Tecnologias de Redes de Comunicações

Fernando Mira da Silva



## Componentes H.323

- G.7xx - Codecs de audio
  - Mínimo: G.711 (PCM)
  - Opcionais: outros codecs de áudio e vídeo
- H.245 - Controlo
  - Negociação de algoritmos e taxa de transmissão
  - Abertura e fecho dos canais de transmissão
  - Controlo de fluxo
  - (...)
- H.225 - Sinalização
  - RAS - Comunicação com o *gatekeeper*
    - (Registration/Admission/Status)
  - Q.931 - Sinalização e controlo em RDIS e Telefonia convencional
- RTP, RTCP - *Streaming de dados*

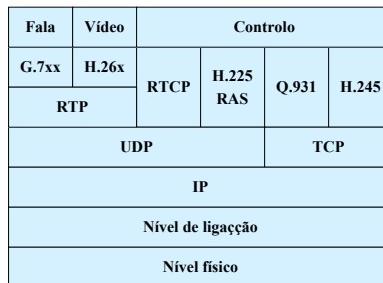
Tecnologias de Redes de Comunicações

Fernando Mira da Silva



## Componentes H.323

- Pilha de protocolos H.323



Fernando Mira da Silva

Tecnologias de Redes de Comunicações



## H.323: *gatekeeper*

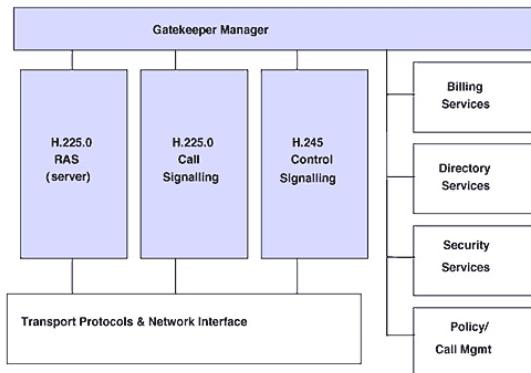
- Componente opcional
  - Caso não esteja presente, a ligação é estabelecida directamente entre terminais H.323
  - No início da chamada, o terminal realiza um *broadcast* no porto 1718 para detectar a presença de um *gatekeeper* rede local
- Caso exista, controla os terminais H.323 da zona sob a sua jurisdição
  - Funções obrigatórias:
    - Tradução de endereços
      - E.164 <-> IP
    - Controlo de largura de banda
    - Gestão de zona
  - Funções opcionais:
    - Controlo de sinalização H.225
    - Autorização de acesso
    - Gestão
      - Encaminhamento de chamadas,

Fernando Mira da Silva

Tecnologias de Redes de Comunicações

## H.323: *gatekeeper*

- *gatekeeper*: estrutura global

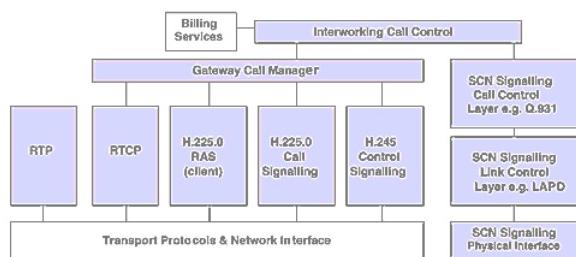


Tecnologias de Redes de Comunicações

Fernando Mira da Silva

## H.323: *gateway*

- Interligação com redes e terminais não compatíveis co H.323 (e.g., rede telefónica pública)
  - Tradução de protocolos para estabelecimento e controlo da ligação
  - Dispositivo independente ou integrado no *gatekeeper*
  - Suporte dos protocolos necessários do lado da rede pública (ISDN, SS7)

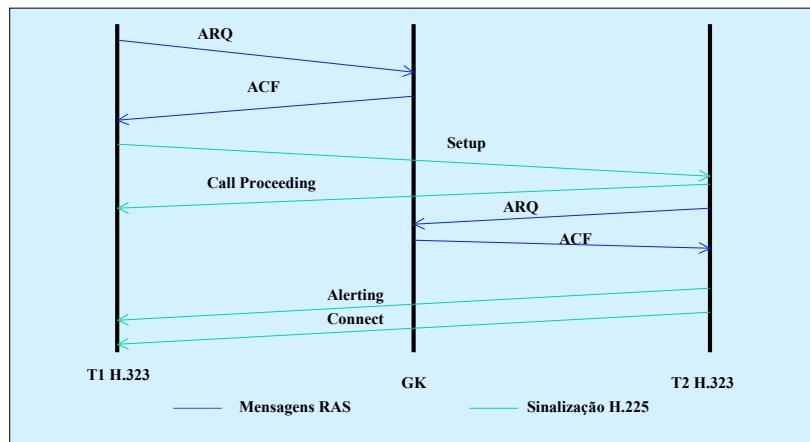


Tecnologias de Redes de Comunicações

Fernando Mira da Silva

## H.323: protocolo

- Exemplo: estabelecimento de uma ligação H.323
  - Utilização de *gatekeeper*
  - Sinalização directa entre terminais

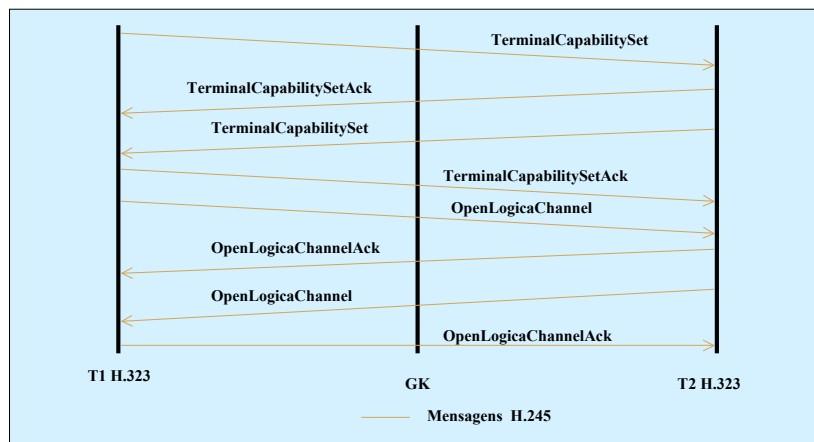


Fernando Mira da Silva

Tecnologias de Redes de Comunicações

## H.323: protocolo

- Exemplo: estabelecimento de uma ligação H.323
  - Sinalização de controlo H.245



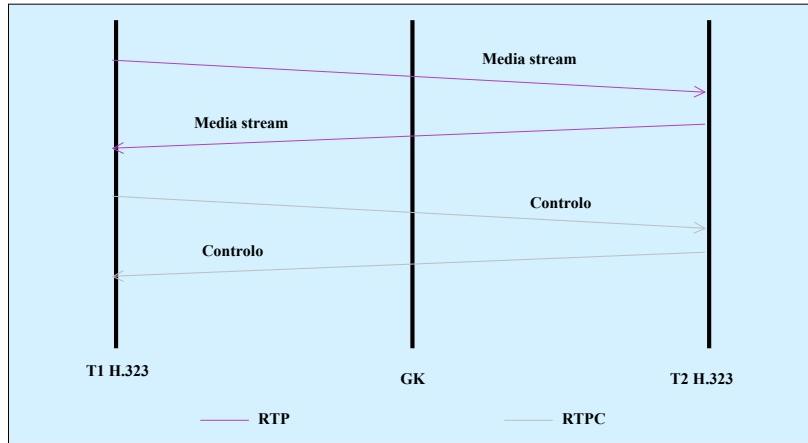
Fernando Mira da Silva

Tecnologias de Redes de Comunicações

## H.323:

### protocolo

- Exemplo: estabelecimento de uma ligação H.323
  - Fluxo de dados



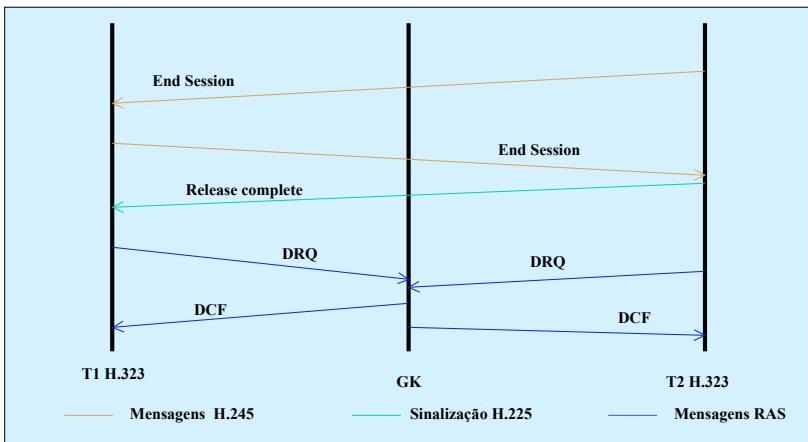
Fernando Mira da Silva

Tecnologias de Redes de Comunicações

## H323:

### protocolo

- Exemplo: estabelecimento de uma ligação H.323
  - Utilização de *gatekeeper*
  - Sinalização directa entre terminais



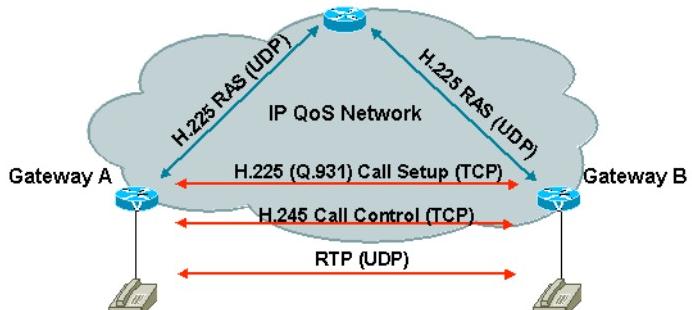
Fernando Mira da Silva

Tecnologias de Redes de Comunicações



## Interligação entre terminais não H.323

Gatekeeper      Address Translation: Every GW needs to know about the GK, not about all other GWs



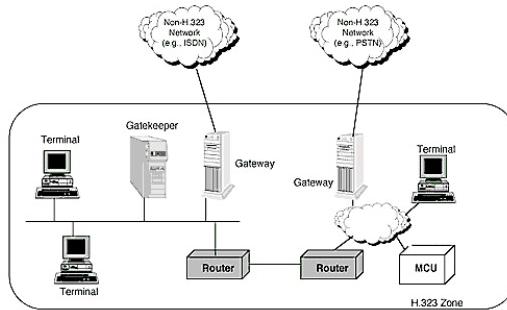
Tecnologias de Redes de Comunicações

Fernando Mira da Silva



## H.323: MCU

- MCU - Multipoint Control Unit
  - Permite a ligação de três ou mais terminais H.323 para estabelecer uma conferência multi-ponto
  - O MCU é um dispositivo opcional só necessário se o estabelecimento de conferências multi-ponto



Tecnologias de Redes de Comunicações

Fernando Mira da Silva



## H.323: sumário

- H.323
  - Concebido no âmbito da ITU
  - Norma completa e bem estabelecida
  - Reduzidos problemas de compatibilidade entre equipamentos
  - Suportada pela maioria dos equipamentos comerciais de videoconferência
  - Especificação complexa (1.400 páginas) e pouco modular
  - Interoperabilidade com outros componentes de SW reduzida
  - Reduzidas possibilidades de adaptação a novas aplicações

Fernando Mira da Silva

Tecnologias de Redes de Comunicações



## SIP

### Princípios gerais

- SIP - *Session Initiation Protocol*
  - Desenvolvido pelo IETF (RFC 3261)
- Objectivos fundamentais
  - Simplicidade (RFC 3261 -> 250 páginas)
  - Modularidade
  - Suportar o estabelecimento de qualquer tipo de ligação multimédia pela Internet
    - Gestão de sessões genéricas
  - Integração simples com as aplicações e serviços existentes, nomeadamente web e html
  - Suporte de sessões simples, múltiplas e *multicast*
  - Suporte de serviços de localização e redirecionamento
  - Definido ao nível da aplicação e independente do nível de transporte

Fernando Mira da Silva

Tecnologias de Redes de Comunicações



## SIP

### Protocolos complementares e características

- Modularidade
  - SIP apenas estabelece apenas a *possibilidade* de comunicação
  - Outros protocolos são necessários para realizar a comunicação
- Protocolos complementares usados com SIP
  - RTP, *Real Time Protocol*
    - Transmissão de dados
  - SDP, *Session Description Protocol*
    - Descrição e codificação das características dos terminais participantes
- Mensagens SIP
  - Texto simples
  - Baseadas no protocolo *http*
- Arquitectura
  - Modelo distribuído (implícito no modelo IP...)
  - Sinalização *end-to-end*
  - Independente da rede física
  - Flexibilidade e escalabilidade

Tecnologias de Redes de Comunicações

Fernando Mira da Silva



## URIs

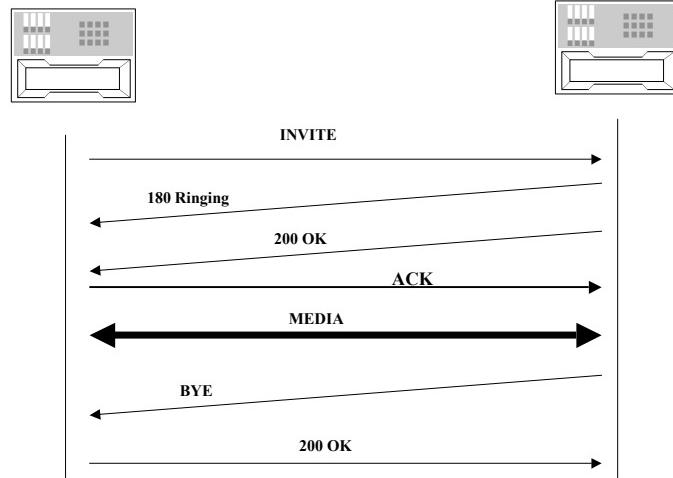
- Identificação de entidades intervenientes  
(utilizadores ou entidades)
  - URIs - *Uniform Resource Identifiers*
- Forma geral:
  - sip:username@domain
  - Possibilidade de adição de argumentos
- Exemplos
  - sip:fms@ist.utl.pt
  - sip:voicemail@xpto.com?subject=callme
  - tel:+1234567890
  - sip:+351218417799@gateway.pt;user=phone
- A utilização de URIs permite a integração simples em documentos web, e-mail, etc.

Tecnologias de Redes de Comunicações

Fernando Mira da Silva



## Sessão SIP simples



Fernando Mira da Silva

Tecnologias de Redes de Comunicações



## SIP Componentes da infraestrutura

- *User agents*

Dispositivo físico ou SW instalado num terminal IP

- UAC - user agent client
- UAS - user agent server

- *Proxy servers*

– Encaminhamento de mensagens de sessão para o destino ou *proxy “mais próximo”* do destino

– Autenticação e *accounting*

– Tipo de proxies

- *Stateless* - Simples encaminhadores de mensagens
- *Statefull* - Mantêm o estado de cada transacção

Fernando Mira da Silva

Tecnologias de Redes de Comunicações



## SIP

### Componentes da infraestrutura (2)

- *Registrar*

- Serviço onde cada terminal/utilizador se regista para ser acessível
- O registo integra uma base de dados com a correspondência entre o URI e a localização actual do utilizador
  - Ex:
    - sip:fms@ist.utl.pt <-> sip:193.132.128.60:5345

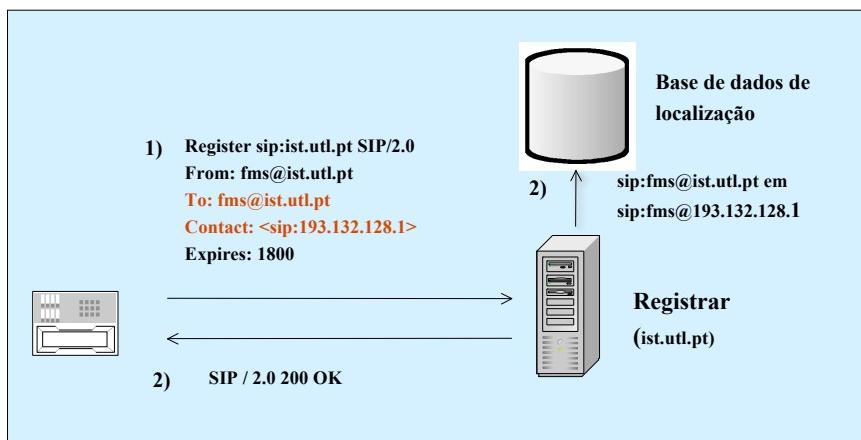
- *Redirect server*

- Entidade que recebe uma solicitação para um dado destino e, após consulta da BD de registos, devolve uma lista com as possíveis localizações do destinatário.
- Um servidor SIP pode fazer *proxy* ou *redirect* do pedido
  - A operação efectiva em cada caso depende da configuração do servidor

Tecnologias de Redes de Comunicações

Fernando Mira da Silva

## SIP: Registo

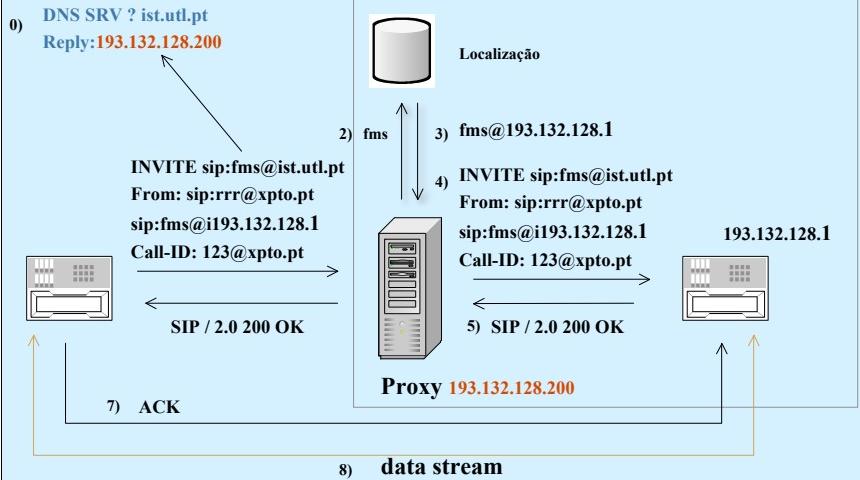


Tecnologias de Redes de Comunicações

Fernando Mira da Silva



## SIP: operação em modo proxy



Fernando Mira da Silva

Tecnologias de Redes de Comunicações



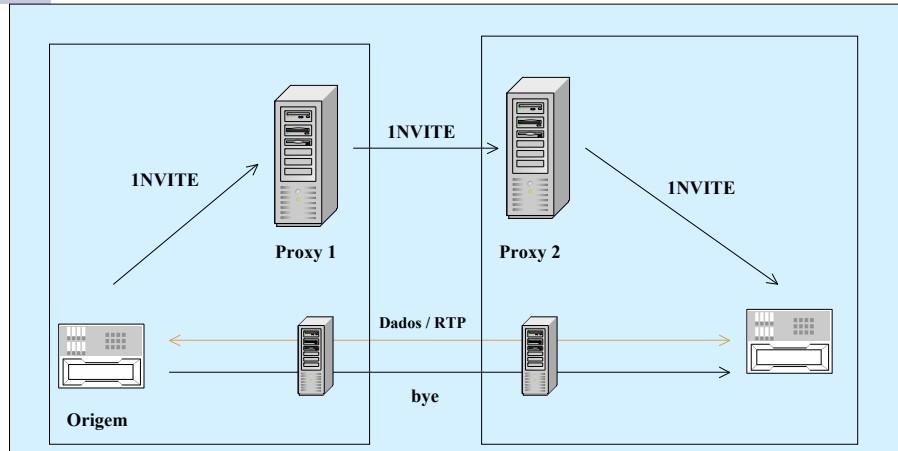
## Encadeamento de servidores

- Frequentemente, existe também um proxy local que gere as chamadas de saída
  - Lógica de estabelecimento da chamada
  - Gestão e travessia de *firewalls*
  - Gestão de encaminhamentos/custos
  - Terminais IP devem conhecer o número do servidor
- Os servidores podem ser encadeados de forma arbitrária ou de forma hierárquica

Fernando Mira da Silva

Tecnologias de Redes de Comunicações

## Encadeamento de servidores



\*Em certos casos (accounting, NAT, ...) A mensagem de fim de sessão (bye) deve ser encaminhado pelo proxy e não directamente

Fernando Mira da Silva

Tecnologias de Redes de Comunicações

## Mensagens SIP

- Estrutura baseada no protocolo HTTP
  - INVITE
    - Início da sessão
    - Cabeçalho descreve detalhes da sessão
  - ACK
    - Confirma o estabelecimento de uma sessão por INVITE
  - BYE
    - Termina a sessão
  - CANCEL
    - Cancela um INVITE pendente
  - OPTIONS
    - Permite interrogar as capacidades do terminal
  - REGISTER
    - Associa um endereço permanente a uma localização específica

Existem extensões e adições a estes métodos básicos

Fernando Mira da Silva

Tecnologias de Redes de Comunicações



## Resposta a mensagens SIP

- Estrutura das respostas inspirada no protocolo HTTP
  - 1yz Informativas
    - 100 Trying
    - 180 Ringing
    - 181 Call Is Being Forwarded
  - 2yz Sucesso
    - 200 OK
  - 3yz Redirecção
    - 300 Multiple choices
    - 301 Moved Permanently
    - 302 Moved Temporarily
    - 305 Use proxy
  - 4yz Erros
    - 400 Bad Request
    - 401 Unauthorized
    - 402 Payment Required
    - 403 Forbidden
    - 404 Not Found
  - 5yz Erro de servidor
    - 501 Not Implemented
    - 502 Bad Gateway
    - 503 Service Unavailable
    - 504 Server Time-out
  - 6yz Erros globais
    - 600 Busy Everywhere
    - 603 Decline
    - 604 Does Not Exist Anywhere
    - 606 Not Acceptable

Fernando Mira da Silva

Tecnologias de Redes de Comunicações



## Resposta a mensagens SIP

- 5yz Erro de servidor
  - 501 Not Implemented
  - 502 Bad Gateway
  - 503 Service Unavailable
  - 504 Server Time-out
- 6yz Erros globais
  - 600 Busy Everywhere
  - 603 Decline
  - 604 Does Not Exist Anywhere
  - 606 Not Acceptable

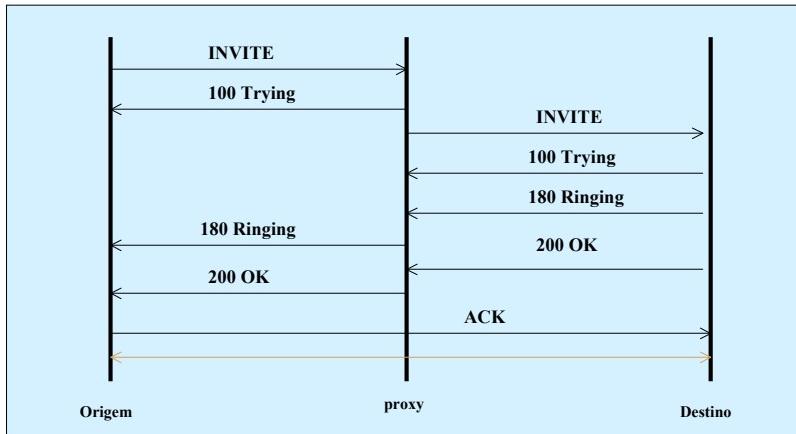
Fernando Mira da Silva

Tecnologias de Redes de Comunicações



## Protocolo

- Exemplo: ligação com proxy simples



Fernando Mira da Silva

Tecnologias de Redes de Comunicações



## Mensagem SIP exemplo

```
INVITE sip:7170@iptel.org SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP 195.37.77.100:5040;rport
Max-Forwards: 10
From: "jiri" <sip:jiri@iptel.org>;tag=76ff7a07-c091-4192-84a0-d56e91fe104f
To: <sip:jiri@bat.iptel.org>
Call-ID: d10815e0-bf17-4afa-8412-d9130a793d96@213.20.128.35
CSeq: 2 INVITE
Contact: <sip:213.20.128.35:9315>
User-Agent: Windows RTC/1.0
Proxy-Authorization: Digest username="jiri", realm="iptel.org",
algorithm="MD5", uri="sip:jiri@bat.iptel.org",
nonce="3cef753900000001771328f5ae1b8b7f0d742dalfeb5753c",
response="53fe98db10e1074
b03b3e06438bda70f"
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 451

v=0
o=jku2 0 0 IN IP4 213.20.128.35
s=session
c=IN IP4 213.20.128.35
b=CT:1000
t=0 0
m=audio 54742 RTP/AVP 97 111 112 6 0 8 4 5 3 101
a=rtpmap:97 red/8000
(...)
```

Fernando Mira da Silva

Tecnologias de Redes de Comunicações



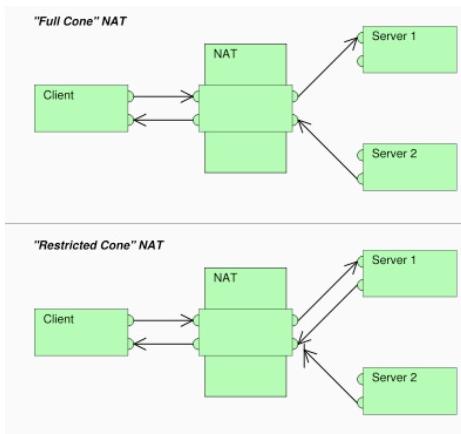
## Resposta SIP: exemplo

```
SIP/2.0 200 OK
Via: SIP/2.0/UDP 192.168.1.30:5060;received=66.87.48.68
From: sip:sip2@iptel.org
To: sip:sip2@iptel.org;tag=794fe65c16edfdf45da4fc39a5d2867c.b713
Call-ID: 2443936363@192.168.1.30
CSeq: 63629 REGISTER
Contact: <sip:sip2@66.87.48.68:5060;transport=udp>;q=0.00;expires=120
Server: Sip EXpress router (0.8.11pre2lxrc (i386/linux))
Content-Length: 0
Warning: 392 195.37.77.101:5060 "Noisy feedback tells:
pid=5110 req_src_ip=66.87.48.68 req_src_port=5060 in_uri=sip:iptel.org
out_uri=sip:iptel.org via_cnt==1"
```

Tecnologias de Redes de Comunicações

Fernando Mira da Silva

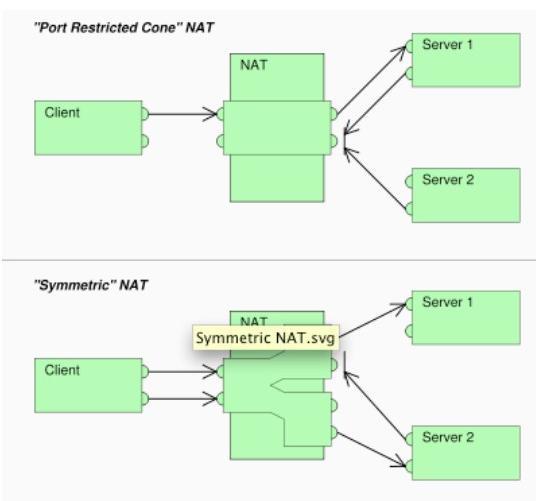
## Tipos de NAT



Tecnologias de Redes de Comunicações

Fernando Mira da Silva

## Tipos de NAT (2)



Fernando Mira da Silva

Tecnologias de Redes de Comunicações

## Serviço enum

- Como estabelecer a ligação entre duas redes SIP remotas e desconhecidas entre si?

Fernando Mira da Silva

Tecnologias de Redes de Comunicações



## SIP: temas complementares

- Programação SIP
  - Call control APIs
- QoS
  - Não previsto, mas acomodável por pré-condições
- Mobilidade de dispositivos
  - Integração com mobile IP, com terminais 3G, etc
- Segurança
- NAT boxes
  - ALG, FCP,...
- (...)

*Tecnologias de Redes de Comunicações*

Fernando Mira da Silva



## Comparação de SIP e H.323

- H.323
  - ITU
  - Bem definido
  - Monolítico
  - Pouco expansível
  - Compatível com PSTN
  - Complexo
  - Standard de facto, largamente implementado
  - Endereçamento host/tel
  - Dependente da camada de transporte
- SIP
  - IETF
  - Só especifica sessões
  - Modular
  - Expansível
  - Compatível com PSTN
  - Simples
  - Pouco divulgado, mas em expansão
  - Endereçamento URI
  - Independente da camada de transporte

*Tecnologias de Redes de Comunicações*

Fernando Mira da Silva



## Implementações e software *open source*

- SER (SIP Express Router)
  - Implementação completa de um servidor SIP, incluindo
    - Registrar
    - Proxy server
    - Redirect server
    - FCP
  - <http://www.iptel.com>
- Asterisk
  - PBX completo em Linux
    - Suporta Voice mail, IVR, Call queuing, vários standards de sinalização
    - Integração PSTN, suporte interfaces para linhas T1 e E1
    - Suporta H.323 e SIP
  - <http://www.asterik.org>

*Tecnologias de Redes de Comunicações*

Fernando Mira da Silva



## Conclusões

- VoIP
  - Realidade de facto
    - Vide Skype!
  - Previsível o aparecimento de mais operadores com serviços de VoIP e de *gateway*
  - Integração e convergência de redes de voz e dados é inevitável
    - Simplificação na gestão das redes internas
  - Fundamental preparar a RCTS
- Considerações comerciais
  - Pouco provável que as telecom permitam que a sua factura global seja reduzida a médio prazo pela introdução de serviços de VoIP
  - No entanto, é óbvio que a introdução de VoIP permitirá, no mínimo, a obtenção de mais e melhor serviço a custos constantes

*Tecnologias de Redes de Comunicações*

Fernando Mira da Silva



Fernando Mira da Silva

Tecnologias de Redes de Comunicações

## MEGACO

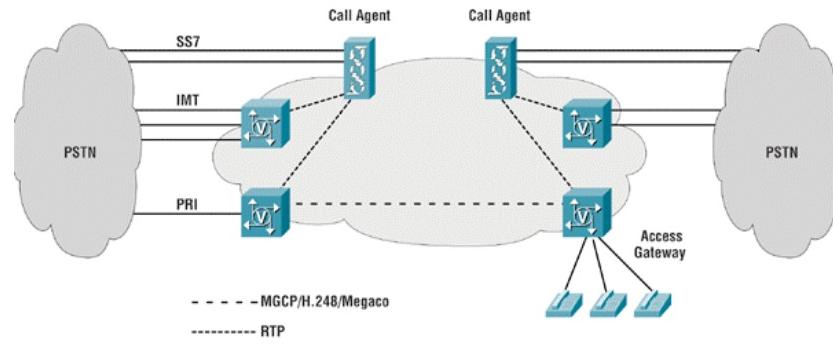
- MGCP e MEGACO/H.248
  - MGCP - Media Gateway Control Protocol (IETF)
  - MEGACO/H.248 - (ITU)
    - Protocolo desenvolvido conjuntamente pelo IETF e ITU
- Objectivo
  - Suporte de uma arquitectura em que controlo e serviço de chamadas pode ser adicionado centralmente a uma rede VoIP.
  - Gestão de sinalização
  - Isolamento funcional de terminais (media gateway) dos sistemas de controlo (media control gateway)
  - O desenvolvimento de estruturas centralizadas permite reduzir a complexidade e custo dos terminais

Fernando Mira da Silva

Tecnologias de Redes de Comunicações



# MEGACO



Fernando Mira da Silva

Tecnologias de Redes de Comunicações